

COATING METHOD

Publication number: DE19960092

Publication date: 2001-07-12

Inventor: FORGET JEANNE (US); VOIGT JOHANNES (DE)

Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)

Classification:

- international: B01J3/00; B01J3/02; B01J19/08; C23C16/44;
C23C16/455; C23C16/509; B01J3/00; B01J3/02;
B01J19/08; C23C16/44; C23C16/455; C23C16/50;
(IPC1-7): C23C16/50

- European: C23C16/44H; C23C16/509

Application number: DE19991060092 19991214

Priority number(s): DE19991060092 19991214

Also published as:

WO0144539 (A1)

US2003091742 (A1)

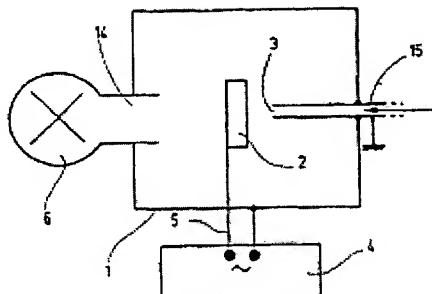
EP1242648 (A0)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE19960092

Abstract of corresponding document: **WO0144539**

The invention relates to a method for coating work pieces in a vacuum chamber during which a workpiece is exposed to a plasma. The resulting reaction or degradation products of the process gas are deposited onto the work piece. The method is characterized in that two poles, of which one is the workpiece (2) itself or an electrode (7) arranged directly behind the workpiece (2) and the other is a counter electrode, are subjected to an alternating voltage in the frequency range of 10 KHz to 100 MHz in order to maintain the plasma between the poles. In addition, a stream of process gas is guided through the opening (3) of the counter electrode and onto the workpiece (2).



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(10) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 199 60 092 A 1

(51) Int. Cl. 7:
C 23 C 16/50

(21) Aktenzeichen: 199 60 092.9
(22) Anmeldetag: 14. 12. 1999
(43) Offenlegungstag: 12. 7. 2001

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Forget, Jeanne, Mountain View, Calif., US; Voigt, Johannes, Dr., 71229 Leonberg, DE

(56) Entgegenhaltungen:

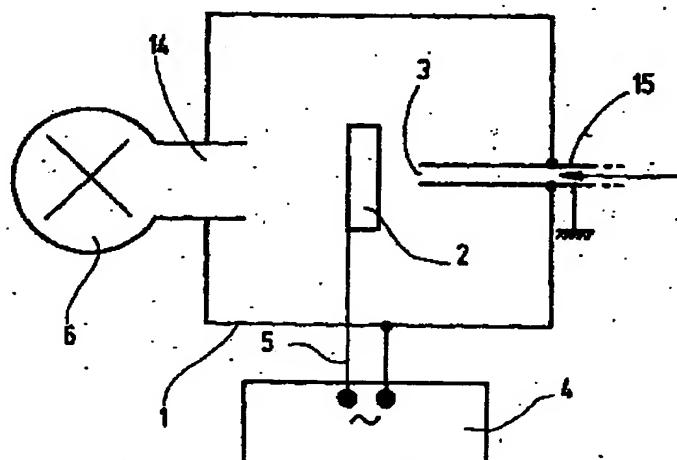
US	59 38 854
US	55 00 256
US	52 11 995
EP	08 26 791 A2
EP	07 92 947 A2
EP	07 61 841 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Beschichtungsverfahren

(55) Zum Beschichten von Werkstücken in einer Vakuumkammer wird ein Werkstück einem Plasma ausgesetzt und daraus resultierende Reaktions- oder Zerfallsprodukte des Prozeßgases werden auf dem Werkstück abgeschieden. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß zwei Pole, von denen einer das Werkstück (2) selbst oder eine unmittelbar hinter dem Werkstück (2) angeordnete Elektrode (7) ist, und der andere eine Gegenelektrode ist, mit einer Wechselspannung im Frequenzbereich 10 KHz bis 100 MHz beaufschlagt werden, um das Plasma zwischen den Polen zu erhalten, und daß eine Strom von Prozeßgas durch eine Öffnung (3) der Gegenelektrode auf das Werkstück (2) gelenkt wird.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten von Werkstücken, bei dem ein Prozeßgas in einer Vakuumkammer einem Plasma ausgesetzt und daraus resultierende Reaktions- oder Zerfallsprodukte des Prozeßgases auf dem Werkstück abgeschieden werden. Derartige Verfahren und Apparaturen für ihre Durchführung sind bekannt. Die Beschichtung erfolgt bei diesen Verfahren üblicherweise in Druckbereichen von 10^{-1} bis 10^{-3} mbar mit Abscheideraten von typischerweise von 1 bis 2 μm pro Stunde. Zur Erzielung dieser Drücke sind aufwendige Anlagentechniken und Pumpsysteme erforderlich. Außerdem ist aufgrund der geringen Abscheideraten eine lange Verweildauer der Werkstücke in der Vakuumkammer notwendig, um eine erforderliche Schichtdicke zu erzielen. Beide Faktoren machen die Beschichtung von Werkstücken durch Vakuumabscheidung kostspielig.

Es sind daher als preisgünstigere Alternativen auch Randschichtverfahren und Lackierverfahren im Gebrauch. Randschichtverfahren erzeugen eine Oberflächenbeschichtung nicht durch Materialauftrag, sondern durch stoffliche Umwandlung des Materials des Werkstücks an seiner Oberfläche auf einer Tiefe von ca. 10 bis einige Hundert μm . Es liegt auf der Hand, daß die chemische Beschaffenheit der auf diese Weise erzeugbaren Oberflächenbeschichtungen engen Beschränkungen unterliegt. Außerdem sind mit diesem Verfahren bisher keine Schichten erzielbar, die sehr reibungsarm sind. Die mit einem solchen Verfahren erreichbaren Mikrohärten sind auf ca. 1200 bis 1400 HV beschränkt.

Ein sehr preiswertes Beschichtungsverfahren ist das Lackieren; allerdings ist die Verschleißfestigkeit von Lackschichten, auch solchen auf Ormocer-Basis, kleiner als die von Randschichten oder von plasmagestützt erzeugten Schichten.

Vorteile der Erfindung

Durch die vorliegende Erfindung wird ein Plasma-Beschichtungsverfahren vorgeschlagen, das die Erzeugung von Schichten mit guter Verschleißfestigkeit mit hoher Abscheiderate bei geringen Anforderungen an die Vakuumkammer ermöglicht und so die Kosten einer Plasmabeschichtung erheblich reduziert. Diese Vorteile werden dadurch erreicht, daß bei einem Verfahren der eingangs definierten Art das Werkstück mit einer mittel- oder hochfrequenten Wechselspannung beaufschlägt wird, die an dem Werkstück das benötigte Plasma erzeugt, und daß das zur Schicht-Abscheidung benötigte Prozeßgas (das auch ein Gasgemisch sein kann), durch eine Öffnung der Gegenelektrode auf das Werkstück gelenkt wird.

Dabei kann die Öffnung als Düse gestaltet werden, die zumindest oberflächlich aus leitfähigem Material besteht und somit einen elektrischen Gegenpol zum Werkstück darstellen kann.

Unter einer Wechselspannung wird bei der vorliegenden Erfindung eine Spannung mit wechselndem Vorzeichen im weitesten Sinne, zum Beispiel auch eine bipolar gepulste Gleichspannung oder eine modulierte oder gepulste Sinus- oder Rechteck-Wechselspannung oder dergleichen verstanden.

Gemäß einer ersten Variante der vorliegenden Erfindung wird die Gegenelektrode auf Massepotential gehalten und das Werkstück mit Wechselpotential beaufschlägt. Bei einer zweiten Variante wird die Gegenelektrode auf Wechselpotential gelegt und das Werkstück auf Masse gehalten. Eine weitere Alternative ist denkbar, bei der die Gegenelektrode und das Werkstück beziehungsweise die ihm zugeordnete

Elektrode jeweils erdfrei an eine Wechselspannung angeschlossen sind.

Das Verfahren wird vorzugsweise bei Drücken von 10^{-2} bis 100 mbar, insbesondere bei 10^{-1} bis 100 mbar eingesetzt, also bei wesentlich höheren Drücken, als sie herkömmlicherweise bei Plasmabeschichtungsverfahren üblich ist. Bei diesen Drücken ist die mittlere freie Weglänge des Restgases in der Vakuumkammer in der gleichen Größenordnung oder kleiner als deren Abmessungen, so daß sich zwischen der Düse und einer Stelle der Vakuumkammer, wo das Prozeßgas abgepumpt wird, eine Strömung ausbilden kann. Um diese Strömung für den Beschichtungsprozeß nutzbar zu machen, ist vorzugsweise die Düse derart orientiert, beziehungsweise Düse, Werkstück und Abpumpstelle so angeordnet, daß das Prozeßgas an einer in Strahlrichtung hinter dem Werkstück liegenden Stelle der Vakuumkammer abgepumpt wird.

Zusätzlich können Gasleitplatten eingesetzt werden, um die Gasströmung noch gezielter auf das Werkstück auszurichten oder um das Werkstück herumzuführen. Auf diese Weise kann die Strömung optimiert werden. Insbesondere können durch die Auslegung der Gasströmung und geeignete Wahl des Abstands zwischen dem Werkstück und der den Gegenpol bildenden Elektrode die Verweilzeit der Gas spezies im Plasma und so die Abscheiderate und die Schichthärte kontrolliert werden. Der Abstand zwischen der Öffnung der Gegenelektrode und dem Werkstück beträgt einige Millimeter bis einige Zentimeter.

Die Gerichtetetheit der Gasströmung bietet außerdem den Vorteil, daß sich im Plasmavolumen bildende Staubpartikel aus dem Prozeßraum abtransportiert werden und sich somit nicht auf dem Werkstück niederschlagen können, oder daß die Bildung von Staub gegebenenfalls sogar ganz unterbunden wird.

Eine geeignete Leistung der Wechselspannung liegt im Bereich von 1 bis 100 Watt pro Quadratzentimeter zu beschichtender Oberfläche des Werkstücks.

Trotz der mit dem Verfahren ermöglichten sehr hohen Abscheiderate werden qualitativ sehr hochwertige Schichten mit hoher Verschleißfestigkeit erhalten.

Die Schichten sind zudem sehr eignungssarm, was die Abscheidung auch dicker Schichten erlaubt.

Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist die Möglichkeit, bei entsprechender Ausrichtung der Gasströmung oder Auslegung des Plasmavolumens eine Oberflächenbeschichtung auf einem Werkstück nur lokal begrenzt zu erzeugen. Gegenüber herkömmlichen Verfahren, die die Maskierung von nicht zu beschichtenden Oberflächenteilen und die Entfernung der Maske nach vollzogener Beschichtung vorsehen, werden auf diese Weise zwei Verfahrensschritte eingespart.

Für eine möglichst effektive Nutzung des Prozeßgases ist es zweckmäßig, wenn die Form der Düse an die Form des zu beschichtenden Teils des Werkstücks (auch an die Form des Werkstücks als Ganzes, wenn dieses ganzflächig beschichtet wird) angepaßt wird.

Diese Anpassung kann zum Beispiel darin bestehen, daß für ein einzelnes, kompaktes Werkstück eine Düse verwendet wird, deren Querschnittsfläche und eventuell auch Form dem Querschnitt des Werkstücks entspricht, daß bei einem langgestreckten Werkstück eine schlitzförmige Düse eingesetzt wird oder daß zur Beschichtung einer Anordnung von Werkstücken eine Düse mit einer Mehrzahl von Öffnungen eingesetzt wird.

Die Verhältnisse der Querschnitte von Gasdüse und Werkstück können kleiner oder größer als 1 gewählt werden. Das eingestellte Flächenverhältnis beeinflußt die Schichtegenschaften, insbesondere die Schichtmikrohärte.

Wenn das Werkstück leitfähig ist, kann es selbst als Elek-

trode, die das Plasma erzeugt, dienen. Wenn es nicht leitfähig ist, muß eine eigenständige Elektrode vorgesehen werden, die in unmittelbarem Kontakt zu dem Werkstück stehen sollte, so daß das Plasma von den durch das Werkstück durchgreifenden Feldern der Elektrode erzeugt wird. Plasma und Elektrode sind dann praktisch durch das Werkstück voneinander getrennt. Um eine unerwünschte Abscheidung von Reaktions- oder Zerfallsprodukten des Prozeßgases auf der Elektrode zu vermeiden, ist diese vorzugsweise so geformt, daß ihre aktive Oberfläche von dem Werkstück abgedeckt und so gegen die Reaktions- oder Zerfallsprodukte abgeschirmt wird.

Die hier das Plasma anregende Wechselspannung kann einen weitgehend beliebigen, insbesondere einen sinus-, rechteck-, dreieck- oder pulsförmigen zeitlichen Verlauf besitzen.

Das Prozeßgas kann wenigstens einen Kohlenwasserstoff, wie etwa Ethylen, eine siliziumorganische Verbindung oder eine metallorganische Verbindung als Quelle für das auf dem Werkstück abzuscheidende Schichtmaterial umfassen. Derartige Schichtmaterialquellen erlauben die Abscheidung der gewünschten Schicht bei Prozeßtemperaturen von 200°C oder weniger, was die Beschichtung von Werkstücken aus einer Vielzahl von Kunststoffmaterialien sowie von Metallen und insbesondere von gehärtetem Stahl ohne Härteverluste ermöglicht. Wenn die Temperaturbeständigkeit des Werkstücks größer ist, so daß eine Prozeßtemperatur von ca. 400° oder mehr gefahren werden kann, können auch weitere Gase, insbesondere Halogenide, wie etwa TiCl₄ verwendet werden, ohne daß die Schichteigenschaften durch den zusätzlichen Einbau von Halogeniden gemindert werden.

Diese Gase können einzeln oder auch gemischt verwendet werden und weiterhin mit Reaktivgasen wie zum Beispiel O₂, N₂, H₂O₂, H₂, NH₃ sowie mit Inertgasen wie Ar, He, Ne, Kr gemischt werden. Dabei ergeben sich je nach Gasmischung beziehungsweise in Abhängigkeit von Veränderung der Prozeßparameter und Anlagenkonfiguration unterschiedliche Schichtsysteme.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Figuren.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipskizze einer Vakuumkammer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 2, 3, 4 und 5 jeweils eine konkretisierte Ausgestaltung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 veranschaulicht schematisch das Prinzip der Erfindung. In einer Vakuumkammer 1 ist ein zu beschichtendes Werkstück 2 mit seiner zu beschichtenden Oberfläche einer Düse 3 zugewandt montiert, die das Ende einer Zuführleitung 15 für Prozeßgas bildet. Ein Pol eines Hochfrequenznetzteils 4 ist mit dem Werkstück 2 über eine Leitung 5 verbunden und beaufschlagt es mit einer Wechselspannung im Frequenzbereich 10 kHz bis 100 MHz, vorzugsweise im Bereich einige 10 MHz. Das Werkstück 2 bildet so eine erste Elektrode.

Der zweite Pol des Hochfrequenznetzteils ist mit der metallischen Wand der Vakuumkammer 1 und über diese mit der Zuführleitung 15 elektrisch leitend verbunden und mit diesen Teilen gemeinsam geerdet. Die Düse 3 bildet auf diese Weise eine Gegenelektrode, die dem Werkstück 2 gegenüberliegt und es erlaubt, in dem aus der Düse 3 austretenden Prozeßgas im Bereich zwischen der Düse 3 und dem Werkstück 2 ein Plasma anzuregen.

Abweichend von der in Fig. 1 dargestellten Anordnung können auch das Werkstück 2 und die Wand der Vakuumkammer 1 gemeinsam mit einem Pol des Hochfrequenznetzteils 4 verbunden und geerdet sein, und die Zuführleitung 15 beziehungsweise die Düse 3 ist gegen die Kammer 1 elektrisch isoliert und mit dem zweiten Pol des Hochfrequenznetzteils 4 verbunden. Einer weiteren Variante zufolge können sowohl das Werkstück 2 als auch die Düse 3 beziehungsweise die Zuführleitung 15 jeweils mit einem Pol des Hochfrequenznetzteils 4 verbunden und gegen die Kammer 1 elektrisch isoliert sein und so erdfrei betrieben werden.

Eine Pumpe 6 ist über einen der Düse 3 gegenüberliegenden Ansaugstutzen 14 an die Vakuumkammer 1 angeschlossen und hält ihr Inneres auf einem Druck im Bereich 10⁻¹ bis 10 Millibar. Für die Erzeugung eines solchen Grobvakuums ist eine mechanische Pumpe, etwa eine Drehschieberpumpe, ausreichend; zweistufige Pumpstände, die zusätzlich zu einer mechanischen Vorpumpe noch eine Oldiffusions- oder Turbopumpe oder dergleichen enthalten, sind nicht erforderlich.

Unter dem Einfluß des vom Werkstück 2 ausgehenden Feldes bildet sich ein Plasma, das das durch die Düse 3 eingesetzte Prozeßgas umsetzt. Hierdurch bildet sich auf dem Werkstück eine Schicht. Das Prozeßgas strömt kontinuierlich von der Düse 3 um das Werkstück 2 herum und wird durch die Pumpe 6 abgepumpt.

Bei einem konkreten Anwendungsversuch wurde ein planares Bauteil als Werkstück 2 verwendet und mit einer Wechselspannung von 13,56 MHz mit ca. 200 Watt beaufschlagt. Als Prozeßgas wurde C₂H₂ verwendet, das mit einem Gasfluß von 360 sccm über die lochförmige Düse 3 mit einem Durchmesser von 0,5 mm auf die Oberfläche geblasen wurde. Der Abstand zwischen der Düse 3 und der Oberfläche des Werkstücks 2 betrug 2 cm, der Druck in der Apparatur betrug 10⁻¹ Millibar. Die Prozeßtemperatur lag bei ca. 150°C. Auf der Oberfläche wurde eine amorphe, diamantähnliche Kohlenstoffsschicht (DLC) abgeschieden.

Die Abscheiderate betrug 100 µm pro Stunde auf einer Fläche von ca. 0,5 cm². Versuche mit größeren Abständen zwischen Düse und Werkstück liefern erwartungsgemäß geringere Abscheideraten.

Die Trockenreibung der Schichten gegen Stahl betrug $\mu = 0,1$ bis $\mu = 0,2$, vergleichbar mit in konventionellen Verfahren abgeschiedenen hochwertigen DLC-Schichten.

Die Schichtmikrhärte betrug im Bereich der höchsten Abscheiderate 3600 HV, das E-Modul der Schicht betrug 180 MegaPascal (MPa). Die Werte zeigen, daß trotz der sehr hohen Abscheiderate qualitativ sehr hochwertige Schichten mit hoher Verschleißfestigkeit abgeschieden werden.

Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, Gegenstände, die bereits mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben worden sind, tragen die gleichen Bezeichnungen und haben, soweit nicht anders angegeben, die gleichen Merkmale wie mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben.

Das Werkstück 2 ist im Fall der Fig. 2 ein zylindrischer Körper, der auf einer tellerartigen Elektrode 7 plaziert ist. Diese Elektrode verbindet das Werkstück 2 mit der Leitung 5 zum (nicht dargestellten) HF-Netzteil. Eine dielektrische Abschirmung 8 überdeckt die der Düse 3 zugewandte Oberfläche der Elektrode, das heißt ihre für die Plasmaerzeugung aktive Oberfläche, überall dort, wo sie nicht in Kontakt mit dem Werkstück 2 ist, und verhindert zum einen die Abscheidung von Material direkt an der Elektrodenoberfläche und zum anderen die elektrischen Überschläge, die sich zwischen Masse und den mit Wechselpotential beaufschlagten Flächen bilden können.

Bei einer Weiterbildung dieses Ausführungsbeispiels ist zusätzlich eine dielektrische Abschirmung 8' vorgesehen,

die in Fig. 2 gestrichelt dargestellt ist. Sie erstreckt sich auch über die Ränder und die Rückseite der Elektrode 7, so daß diese auf ihrer gesamten Oberfläche, dort, wo sie nicht in Kontakt mit dem Werkstück 2 ist, abgeschirmt ist, sowie über die Oberfläche der Leitung 5. Durch diese großflächige Abschirmung wird eine zusätzliche Absicherung gegen ungewollte Materialabscheidung und elektrische Überschläge erreicht.

C_2H_2 als Prozeßgas wurde mit einem Gasfluß von 360 sccm über die lochförmige Düse 3 mit 4 mm Durchmesser auf die Oberfläche des Werkstücks 2 geblasen. Der Druck in der Apparatur 1 betrug 2×10^{-4} Millibar. Auf der Oberfläche des Werkstücks 2 wurde lokal im direkt vom Gasfluß aus der Düse angeströmten Bereich eine amorphe, diamantähnliche Kohlenstoffschicht (DLC) abgeschieden. Die Abscheiderate betrug ca. 100 μm pro Stunde auf einer Fläche von ca. $1 cm^2$. Die Schichtmikrohärte betrug im Bereich der höchsten Abscheiderate 3200 HV, das E-Modul der Schicht betrug 180 GigaPascal (GPa).

Fig. 3 zeigt eine Weiterentwicklung des mit Bezug auf Fig. 2 beschriebenen Verfahrens. Die Elektrode 8 beziehungsweise das darauf befindliche Werkstück 2 rotiert und kann bei Bedarf auch axial verschoben werden, um das Werkstück 2 auf seinem gesamten Umfang beziehungsweise seiner gesamten freien Oberfläche zu beschichten. Desgleichen besteht die Möglichkeit, mehrere Werkstücke 2 auf der Elektrode 7 anzutragen, diese wieder bei Bedarf um die eigene Achse zu drehen sowie tangential zur Düse 3 zu verschieben, um diese mehreren Werkstücke 2 in einem durchlaufähnlichen Verfahren jeweils lokal, oder rundum zu beschichten.

Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt aus einem Aufbau, der bei einem weiteren Anwendungsbeispiel des erfundungsgemäßen Verfahrens eingesetzt wird. Der Aufbau, der im Inneren der Vakuumkammer 1 angeordnet ist, umfaßt einen langgestreckten Saugkasten 9, der über ein oder mehrere Saugstutzen wie den in der Figur aufgeschnitten gezeigten Saugstutzen 10 mit der Pumpe 6 verbunden ist. Der Saugkasten 9 trägt an seiner Oberseite zwischen zwei Ansaugschlitz 11 eine das Werkstück 2 tragende Elektrode 7, wie sie bereits mit Bezug auf Fig. 2 beschrieben worden ist. Die Ansaugschlitz 11 saugen das Prozeßgas aus der unmittelbaren Umgebung des Werkstücks 2 ab, noch bevor es sich stark in der Vakuumkammer verteilen kann.

Gasleitplatten 12, die jeweils jenseits der Ansaugschlitz 11 auf der Oberseite des Saugkastens 9 ruhen, bilden einen tunnelartigen, an seinen Stirnseiten offenen Aufbau. An ihnen vom Saugkasten 9 abgewandten Enden begrenzen die Gasleitplatten 12 eine schlitzförmige Düse 3, die sich dem Werkstück 2 zugewandt über im wesentlichen die ganze Länge des Aufbaus erstreckt.

Auch bei diesem Anwendungsbeispiel sind die mit Bezug auf Fig. 1 beschriebenen verschiedenen Möglichkeiten gegeben, die Wechselspannung zum Erzeugen eines Plasmas anzulegen. Die Elektrode 7 beziehungsweise das Werkstück 2 können mit einem Pol einer (in der Figur nicht gezeigten) Wechselspannungsversorgung verbunden sein, deren anderer Pol auf Massepotential liegt und mit der Düse 3 sowie mit den Gasleitplatten 12, sofern diese leitfähig sind, leitend verbunden ist. Alternativ kann der mit dem Werkstück 2 und der Elektrode 7 verbundene Pol geerdet sein und die Düse 3 wird mit Wechselpotential beaufschlagt. Auch eine massefreie Beschaltung sowohl der Düse 3 als auch des Werkstücks 2 und der Elektrode 7 mit der Wechselspannung ist möglich.

Die Elektrode 7 ist an ihren vertikalen Seitenflächen an der Unterseite und den Stirnflächen mit dielektrischen Abschirmungen 8 versehen, die das von der Elektrode 7 er-

zeugte Plasma auf einen Raumbereich oberhalb des Werkstücks 2 begrenzen.

Die Gasleitplatten 12 verhindern eine übermäßige Verteilung des Prozeßgases im Innern der Vakuumkammer 1 und leiten es gezielt an der Oberfläche des Werkstücks 2 entlang den Ansaugschlitz 11 und somit schließlich der Pumpe 6 zu. Mit Hilfe eines solchen Aufbaus können auch große Werkstückflächen schnell und bei geringem Einsatz an Prozeßgas beschichtet werden.

Das Werkstück 2 kann dabei auf der Elektrode 7 stationär gehalten oder auf der Elektrodenfläche entlangbewegt werden.

Insbesondere in letzterem Fall könnte die schlitzförmige Düse 3 auch durch eine Mehrzahl von in Längsrichtung des tunnelartigen Aufbaus hintereinander angeordneten Lochdüsen ersetzt werden. Ein solcher Aufbau erlaubt die Erzeugung von reibarmen und verschleißfesten Oberflächenschichten bei kurzen Prozeßzeiten von weniger als 1 Minute in einem durchlaufähnlichen Prozeß und damit in einem wirtschaftlichen und kostengünstigen Verfahren.

Wenn das Werkstück 2 nichtleitend ist, so ist es wichtig, daß ein enger, möglichst formschlüssiger Kontakt zwischen ihm und der Plasmalektrode 7 besteht, um Entladungen zwischen den beiden zu vermeiden.

Das Verfahren beziehungsweise der Aufbau eignen sich insbesondere zum Erzeugen einer verschleißmindernden Beschichtung auf Gummiteilen wie etwa Scheibenwischern. Solche Werkstücke können bequem in Form eines Endlosbandes an der Oberfläche der stationär gehaltenen Elektrode in Längsrichtung des tunnelartigen Aufbaus gefördert werden, um sie in einem kontinuierlichen Prozeß schnell und preiswert zu beschichten.

Fig. 5 skizziert eine Abwandlung des mit Bezug auf Fig. 2 beschriebenen Verfahrens. Hier werden zur Anströmung des Werkstücks 2 mit dem Prozeßgas eine Mehrzahl von an einem als eine Gegenelektrode wirkenden Rohr verteilten Lochdüsen 3 von einem Durchmesser von 0,8 mm benutzt. Das Rohr steht dem Werkstück in einem Abstand von 10 mm gegenüber. Das Werkstück 2 wird über eine von ihm verdeckte Elektrode 7 mit einer Wechselspannung mit einer Frequenz von 13,56 MHz und einer Leistung von ca. 10 Watt pro cm^2 Oberfläche des Werkstücks 2 beaufschlagt. Der Druck in der Vakuumkammer beträgt ca. 1,6 Millibar. Die Abscheidung ist jeweils auf kleine Flächenbereiche von ca. $0,25 cm^2$ Oberfläche gegenüber jeder Düse 3 lokalisiert. Die Abscheiderate erreicht hier ca. 10 μm pro Minute bei einer Mikrohärte von 1400 HV. Um eine homogene Beschichtung des Werkstücks auf seiner gesamten den Düsen zugewandten Oberfläche zu erzielen, wird das Werkstück vor den Düsen bewegt, wie durch die Pfeile 13 angedeutet. Die Bewegung kann in einer Richtung, wie in der Figur angegeben, oder auch in zwei Richtungen, in Form eines zeilenweisen Abtastens der Werkstückoberfläche, erfolgen. Auch bei dieser Abwandlung können Leitplatten zum Führen des Prozeßgases in der Umgebung der Werkstücke vorgesehen werden.

Gemäß einer weiteren, nicht zeichnerisch dargestellten Variante der Erfindung kann ein Werkstück auch innerlich beschichtet werden, indem die Düse, aus der das Prozeßgas austritt, in einen Hohlraum des Werkstücks eingeführt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beschichten von Werkstücken, bei dem ein Werkstück (2) in einer Vakuumkammer (1) einem Prozeßgas ausgesetzt wird und daraus resultierende Reaktions- oder Zerfallsprodukte auf dem Werkstück (2) abgeschieden werden, dadurch gekenn-

- zeichnetet, daß zwei Pole, von denen einer das Werkstück (2) selbst ist, und der andere eine Gegenelektrode ist, mit einer Wechselspannung im Frequenzbereich 10 kHz bis 100 MHz beaufschlagt werden, um das Plasma zwischen den Polen zu erhalten, und daß ein Strom vom Prozeßgas durch eine Öffnung (3) der Gegenelektrode auf das Werkstück (2) gelenkt wird.
2. Verfahren zum Beschichten von Werkstücken, bei dem ein Werkstück (2) in einer Vakuumkammer (1) einem Prozeßgas ausgesetzt wird und daraus resultierende Reaktions- oder Zerfallsprodukte auf dem Werkstück (2) abgeschieden werden, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Pole, von denen eine eine unmittelbar hinter dem Werkstück (2) angeordnete Elektrode (7) ist, und der andere eine Gegenelektrode ist, mit einer Wechselspannung im Frequenzbereich 10 kHz bis 100 MHz beaufschlagt werden, um das Plasma zwischen den Polen zu erhalten, und daß ein Strom von Prozeßgas durch eine Öffnung (3) der Gegenelektrode auf das Werkstück (2) gelenkt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (2) elektrisch nichtleitend ist.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (2) in unmittelbarem Kontakt mit der Elektrode (7) gebracht wird, und daß die Form der Elektrode (7) an die des Werkstücks (2) angepaßt ist.
5. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (2) die aktive Oberfläche der mit Leistung versorgten Elektrode überdeckt und gegen die Reaktions- oder Zerfallsprodukte abschirmt.
6. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine dielektrische Abschirmung (8) nicht von dem Werkstück (2) bedeckte Oberflächenbereiche der Elektrode gegen elektrische Überschläge abschirmt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (2) oder die hinter dem Werkstück (2) angeordnete Elektrode (7) mit einem Wechselpotential beaufschlagt und die Gegenelektrode auf Erdpotential gehalten wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (2) oder die hinter dem Werkstück (2) angeordnete Elektrode (7) auf Erdpotential gehalten und die Gegenelektrode mit einem Wechselpotential beaufschlagt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei Pole erdfrei sind.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in der Vakuumkammer (1) zwischen 10^{-2} und 10 mbar gehalten wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die eingespeiste Leistung der Wechselspannung 1 bis 100 Watt pro cm^2 zu beschichtender Oberfläche des Werkstücks (2) beträgt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die das Plasma anregende Wechselspannung einen sinus-, rechteck-, dreieck- oder pulsförmigen zeitlichen Verlauf besitzt.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom des Prozeßgases gezielt auf einen Teil der Oberfläche des Werkstücks (2) gerichtet wird, um bevorzugt diesen Teil zu beschichten.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Prozeßgas an einer in Gasströmungsrichtung hinter dem Werkstück liegenden Stelle (9, 14) der Vakuumkammer (1) abgepumpt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß Gasleitplatten (12) verwendet werden, um das Prozeßgas um das Werkstück (2) herum zu leiten.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Prozeßgas wenigstens einen Kohlenwasserstoff, eine siliciumorganische Verbindung oder eine metallorganische Verbindung umfaßt.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Prozeßgas wenigstens ein Halogenid umfaßt.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Prozeßgas ferner wenigstens ein Reaktivgas wie etwa O_2 , N_2 , H_2O_2 , H_2 , NH_3 oder ein Inertgas wie etwa ein Edelgas umfaßt.
19. Vakuumkammer, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Kammer (1), einer Leitung (15) zum Zuführen eines Prozeßgases in die Kammer (1), Mitteln zum Evakuieren der Kammer (1) und zwei Polen, die mit einer Wechselspannung beaufschlagbar sind, um ein Plasma zwischen den Polen zu erzeugen, dadurch gekennzeichnet, daß ein Pol als eine Gegenelektrode mit einer Öffnung (3) ausgebildet ist, wobei die Leitung (15) auf die Öffnung (3) mündet und die Öffnung (3) geformt ist, um einen Prozeßgasstrahl in Richtung des anderen Pols in die Kammer (1) abzugeben.
20. Vakuumkammer nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der andere Pol das Werkstück (2) ist.
21. Vakuumkammer nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der andere Pol eine unmittelbar hinter dem Werkstück (2) angeordnete Elektrode (7) ist.
22. Vakuumkammer nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Form der Öffnung (3) an die des zu beschichtenden Werkstücks (2) angepaßt ist.
23. Vakuumkammer nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abpumppstelle (9, 14) in der Kammer (1) in Verlängerung der Austrittsrichtung des Prozeßgasstrahls hinter dem anderen Pol angeordnet ist.
24. Vakuumkammer nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Öffnung (3) und dem anderen Pol Gasleitplatten (12) angeordnet sind.
25. Vakuumkammer nach Anspruch 23 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasleitplatten (12) einen tunnelartigen Aufbau zum Aufnehmen oder Hindurchbewegen des langgestreckten Werkstücks (2) bilden.
26. Vakuumkammer nach einem der Ansprüche 19 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß ein Saugkasten (9) zum Absaugen des Prozeßgases aus der unmittelbaren Umgebung des Werkstücks innerhalb der Kammer (1) angeordnet ist.

- Leerseite -

